

Министерство образования и науки РФ

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УДК

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке
_____ Кружаев В.В.
«___» _____ 2013

ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

В рамках выполнения п.1.2.2.3 Плана реализации мероприятий Программы развития
УрФУ на 2013 год

ПО ТЕМЕ:

Исследование вопросов создания интеллектуальных модулей для систем управления
роботов на основе комбинаторных алгоритмов

(Заключительный)

Договор возмездного оказания услуг (выполнения работ, на создание произведения)
№1.2.2.3/8

Зав.кафедрой

(подпись, дата)

Научный руководитель

(подпись, дата)

Исполнитель

(подпись, дата)

Екатеринбург 2013

Реферат

1. ФИО автора (ов): Горбенко Анна Андреевна

Author: Gorbenko Anna Andreevna

2. Аннотация: В работе рассматриваются эффективные методы создания интеллектуальных модулей для систем управления роботом на основе комбинаторных алгоритмов. В частности, проведено исследование конкретных комбинаторных проблем и найдены эффективные интеллектуальные алгоритмы для их решения, проведено исследование интеллектуальных алгоритмов решения проблемы выполнимости, а также исследование методов применения различных комбинаторных алгоритмов для создания интеллектуальных систем управления роботом.

Abstract: Efficient methods of intelligent modules creation for control systems of robots are considered in this work. These methods are based on some combinatorial algorithms. In particular, we consider specific combinatorial problems. Efficient intelligent algorithms for these problems were found. Also, intelligent algorithms for SAT solution and application methods of different combinatorial algorithms for creation of intelligent control systems of robots were investigated.

3. Ключевые слова: интеллектуальные системы, комбинаторные алгоритмы, NP-полные проблемы, SAT, сведения.

Keywords: intelligent systems, combinatorial algorithms, NP-complete problems, SAT, reductions.

4. Тема отчета: Исследование вопросов создания интеллектуальных модулей для систем управления роботом на основе комбинаторных алгоритмов.

Theme: Combinatorial algorithms based investigation of intelligent modules creation problem for control systems of robots.

Оглавление

Введение	4
1. Исследование конкретных комбинаторных проблем	5
2. Исследование интеллектуальных алгоритмов решения проблемы выполнимости	6
3. Исследование методов применения различных комбинаторных алгоритмов для создания интеллектуальных систем управления роботами	7
Заключение.....	11
Список источников	12

Введение

Исследования, проводимые в рамках проекта, направлены на изучение вопросов создания интеллектуальных модулей для систем управления роботов на основе комбинаторных алгоритмов. Основная цель исследования – разработка эффективных методов создания интеллектуальных модулей для систем управления роботов на основе комбинаторных алгоритмов. В частности исследования направлены на решение следующих задач: исследование конкретных комбинаторных проблем и нахождение для них эффективных интеллектуальных алгоритмов; исследование интеллектуальных алгоритмов решения проблемы выполнимости; исследование методов применения различных комбинаторных алгоритмов для создания интеллектуальных систем управления роботов.

1. Исследование конкретных комбинаторных проблем

В рамках задачи исследования конкретных комбинаторных проблем и нахождения для них эффективных интеллектуальных алгоритмов рассмотрен ряд алгоритмических проблем для множеств строк, связанных с поиском ближайших подстрок и надстрок с различными ограничениями.

В частности, проведено исследование проблемы нахождения центра для множества круговых строк. Для этой проблемы найден эффективный суперкомпьютерный алгоритм на основе сведения исследуемой проблемы к проблеме выполнимости и применения SAT-решателей. Для этого осуществлено явное сведение рассматриваемой проблемы к проблеме 3-выполнимости; разработана естественная и всеобъемлющая система тестовых данных; проведена серия вычислительных экспериментов с различными интеллектуальными алгоритмами решения проблемы 3-выполнимости; сделано аналитическое обобщение полученных экспериментальных данных; на основе сделанного обобщения разработан эффективный интеллектуальный алгоритм непосредственно для решения рассматриваемой проблемы; проведены вычислительные эксперименты для выяснения степени эффективности разработанного алгоритма.

Проведено исследование проблемы нахождения кратчайшей общей упорядоченной надпоследовательности. В рамках данной задачи одним из наиболее значительных результатов можно отметить работу [1]. В рамках исследования произведена оценка вычислительной сложности рассматриваемой проблемы. Доказана ее NP-полнота. Найден эффективный суперкомпьютерный алгоритм на основе сведения исследуемой проблемы к проблеме выполнимости и применения SAT-решателей. Для этого осуществлено явное сведение рассматриваемой проблемы к проблеме 3-выполнимости; разработана естественную и всеобъемлющую система тестовых данных; проведена серия вычислительных экспериментов с различными интеллектуальными алгоритмами решения проблемы 3-выполнимости; сделано аналитическое обобщение полученных экспериментальных данных; на основе сделанного обобщения разработан эффективный интеллектуальный алгоритм непосредственно для решения рассматриваемой проблемы; проведены вычислительные эксперименты для выяснения степени эффективности разработанного алгоритма.

Рассмотрена проблема нахождения наибольшей общей подпоследовательности, ограниченной множеством. Основной результат по данному исследованию отражен в

работе [6]. В частности, найден эффективный суперкомпьютерный алгоритм на основе сведения исследуемой проблемы к проблеме выполнимости и применения SAT-решателей. Для этого осуществлено явное сведение рассматриваемой проблемы к проблеме 3-выполнимости; разработана естественная и всеобъемлющая система тестовых данных; проведена серия вычислительных экспериментов с различными интеллектуальными алгоритмами решения проблемы 3-выполнимости; сделано аналитическое обобщение полученных экспериментальных данных; на основе сделанного обобщения разработан эффективный интеллектуальный алгоритм непосредственно для решения рассматриваемой проблемы; проведены вычислительные эксперименты для выяснения степени эффективности разработанного алгоритма.

Проведено исследование проблемы нахождения кратчайшей общей параметрической надпоследовательности. Среди наиболее существенных результатов данного исследования можно отметить работу [2]. В частности, получено явное сведение рассматриваемой задачи к задачам MAX2SAT и 3SAT. Как известно, существует сайт, на котором расположены решатели для проблемы SAT. В рамках данного исследования был найден эффективный суперкомпьютерный алгоритм на основе сведения исследуемой проблемы к проблеме выполнимости и применения SAT-решателей. Произведен вычислительный эксперимент и оценка работы SAT-решателей fgrasp и posit, а также собственного генетического алгоритма (ОА). Для этого была разработана естественная и всеобъемлющая система тестовых данных. Сделано аналитическое обобщение полученных экспериментальных данных; на основе сделанного обобщения разработан эффективный интеллектуальный алгоритм на основе fgrasp, posit и ОА для непосредственного решения рассматриваемой проблемы. Проведены вычислительные эксперименты для выяснения степени эффективности разработанного алгоритма. Сравнение результатов осуществлено при решении задач 3SAT, SAT, MAX2SAT.

2. Исследование интеллектуальных алгоритмов решения проблемы выполнимости

В рамках задачи исследования интеллектуальных алгоритмов решения проблемы выполнимости проведено исследование по применению различных вариантов алгоритма локального поиска GSAT в рамках суперкомпьютерного алгоритма решения проблемы выполнимости. Алгоритм GSAT – известный алгоритм локального поиска для решения

проблемы выполнимости для конъюнктивных нормальных форм. В качестве одного из наиболее существенных полученных результатов можно отметить исследование по выбору начальной популяции для алгоритма GSAT [3]. Следует отметить, что слабым общеизвестным местом алгоритма GSAT является выбор начального множества значений переменных булевой функции. Это связано с тем, что GSAT является детерминированным алгоритмом локального поиска, поэтому после запуска на начальной популяции поведение алгоритма хорошо прогнозируемо. Эта особенность ограничивает возможности алгоритма и делает его существенно зависимым от выбора начальной популяции. Поэтому естественно использовать какой-либо интеллектуальный алгоритм для оптимизации выбора начального множества. В работе [3] рассмотрен метод оптимизации на основе искусственной физики для выбора начальной популяции. В частности, рассмотрена возможность применения нейронных сетей Рунге - Кутты для повышения эффективности алгоритма GSAT. В рамках данного проекта разработана система тестовых данных для алгоритма GSAT; проведено аналитическое исследование применимости нейронных сетей Рунге-Кутты для выбора начального множества; разработана методика выбора начального множества; проведен вычислительный эксперимент для определения степени практической применимости разработанных теоретических построений.

3. Исследование методов применения различных комбинаторных алгоритмов для создания интеллектуальных систем управления роботом

В рамках задачи исследования методов применения различных комбинаторных алгоритмов для создания интеллектуальных систем управления роботом проведено изучение соответствующей проблематики для робототехнических систем технического зрения, обработки изображений и общего управления.

Рассмотрены интеллектуальные системы адаптации пилотируемых транспортных средств к беспилотному варианту. Среди полученных результатов можно выделить работу [4]. В рамках исследования рассмотрены математические модели пилотируемых транспортных средств. В частности, исследованы вопросы влияния объема передаваемой информации и шума в канале данных, информации об окружении. Произведено

обоснование необходимости установки модуля самосознания для возможности принятия решения интеллектуальной системой в особых случаях, а также модуля автоматического порождения. Произведена адаптация метода обучения по одному кадру для гуманоидных роботов к случаю мобильного робота. Произведен вычислительный эксперимент для оценки зависимости качества работы различных алгоритмов от числа пространственных точек, позволивший выработать эффективную методику применения алгоритма.

Очевидно, что для решения трудных проблем модулю навесного оборудования требуется SAT-решатель, требующий небольших вычислительных ресурсов. Для решения этой проблемы предложена модификация известного алгоритма GSAT, которая основана на применении нейронных сетей Рунге-Кутты. Исследованы способы применения основных интеллектуальных алгоритмов для адаптации пилотируемых транспортных средств к беспилотному режиму. Произведено сравнение эффективности их работы. Рассмотрены гибридные интеллектуальные системы. Проведен вычислительный эксперимент по качеству адаптации для интеллектуальных систем и детерминированных методов адаптации. Произведена оценка производительности работы интеллектуальных и детерминированных методов адаптации, убедительно доказавшая высокую эффективность интеллектуальных методов.

Проведено исследование интеллектуальных систем технического зрения. В частности, проанализированы источники научной периодики и сеть интернет для анализа существующих методов применения комбинаторных алгоритмов для систем технического зрения. Среди полученных результатов можно выделить работу [5]. В рамках исследования рассматривалась задача мониторинга пассажиропотока с использованием средств технического зрения. В частности, была предложена модель минимизации дисторсий визуальных дорожных знаков для улучшения качества распознавания. Проведенные вычислительные эксперименты показали существенное улучшение распознавания при использовании предложенной модели. Необходимо отметить также исследование, посвященное автоматическому порождению модулей визуального распознавания [7]. В частности, предложен самообучающийся алгоритм визуального распознавания и система автоматического порождения. Произведена оценка эффективности их работы. Разработана модель системы на основе биологических наблюдений, опирающихся на функции интронов и экзонов в ДНК. Для различных модулей визуального распознавания были произведены вычислительные эксперименты, которые показали эффективность предложенных методов.

На основе проблемы нахождения наибольшей общей подпоследовательности, ограниченной множеством, разработана модель поиска интересных образцов в визуальных данных [6], позволяющая использовать системы технического зрения для обеспечения систем самосознания и предчувствия в системах управления роботов.

Рассмотрены интеллектуальные системы построения панорамных изображений для локализации мобильных роботов. Основные результаты проведенных исследований отражены в работе [8]. В частности, произведена оценка качества построения панорамного изображения с применением классических методов обработки изображений. Разработан алгоритм построения панорамного изображения для мобильного робота на основе проблемы нахождения кратчайшей общей упорядоченной надпоследовательности. Проведен робототехнический эксперимент на полигоне с использованием различных мобильных роботов. Разработана модель графа для построения панорамного изображения. Исследованы основные интеллектуальные алгоритмы с целью построения панорамного изображения. Произведено сравнение эффективности интеллектуальных алгоритмов. Улучшено качество работы классических методов обработки изображений с помощью применения интеллектуальных методов. Проведен вычислительный эксперимент. Исследована задача локализации мобильного робота на робототехническом полигоне на основе построенной панорамы окружающей среды. Произведено сравнение эффективности решения задачи локализации для мобильного робота в зависимости от качества построения панорамного изображения, позволившее выбрать оптимальный вариант интеллектуальной системы.

Проведены исследования интеллектуальных систем выбора отпечатков пальцев на изображениях для топологической локализации мобильных роботов. Осуществлено аналитическое исследование существующих методов выбора отпечатков пальцев на изображениях; произведена оценка степени их применимости для топологической навигации мобильных роботов; на основе проведенного исследования разработана собственная методика выбора отпечатков пальцев; проведен вычислительный эксперимент для определения степени эффективности разработанной методики. Основные полученные результаты отражены в работе [8] и применены для построения панорамных изображений.

Среди полученных результатов важно отметить исследование по проблеме назначении заданий сенсорам систем технического зрения [9]. Особая роль этой проблемы связана с тем, что эффективность любой системы технического зрения непосредственно зависит от оптимальности распределения заданий по сенсорам. Эта проблема является

хорошо известной NP-трудной задачей. В рамках проекта для этой проблемы разработаны эффективные алгоритмы на основе методов целочисленного программирования и сведения к проблеме выполнимости.

Другой важный результат, полученный в рамках исследования технического зрения, связан с проблемой выбора визуальных дорожных знаков для навигации мобильных роботов [10]. Для решения поставленной задачи была рассмотрена проблема разложения p -минимальных перекрывающихся областей. Для ее эффективного решения предложен алгоритм сведения данной проблемы к SAT, а также рассмотрены некоторые жадные алгоритмы. Для рассмотренных алгоритмов произведены вычислительные эксперименты на различных множествах данных, анализ результатов которых позволил выбрать наиболее эффективный вариант алгоритма.

Заключение

В рамках проекта были проведены исследования по вопросам создания интеллектуальных модулей для систем управления роботов на основе комбинаторных алгоритмов. Разработаны эффективные методы создания интеллектуальных модулей для систем управления роботов на основе комбинаторных алгоритмов. Проведены теоретические и экспериментальные исследования по решению различных комбинаторных проблем. Предложены эффективные интеллектуальные алгоритмы для их решения. Исследованы интеллектуальные алгоритмы решения проблемы выполнимости, а также методы применения различных комбинаторных алгоритмов для создания систем управления роботов. Основные результаты проведенных исследований отражены в работах [1] – [10] и представлены на ряде международных конференций, в том числе:

- The 3rd International Conference on Computer-Aided Design, Manufacturing, Modeling, and Simulation (CDMMS2013). Chongqing, China. 21 – 23 September, 2013.
- The 11th International Conference of Numerical Analyses and Applied Mathematics (ICNAAM 2013). Rhodes, Greece. 21 – 27 September , 2013.
- The 2nd International Conference on Machine Design and Manufacturing Engineering (ICMDME 2013). Jeju Island, South Korea. 1 – 2 May, 2013.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Gorbenko A. The shortest Common Ordered Supersequence Problem. Applied Mathematical Sciences. V. 7. N. 97. 2013. P. 4813-4819.
- [2] Gorbenko A., Popov V. On the Shortest Common Parametrized Supersequence Problem. Applied Mathematical Sciences. V. 7. N. 97. 2013. P. 4821-4828.
- [3] Gorbenko A., Popov V. On Starting Population Selection for GSAT. Applied Mechanics and Materials. V. 365-366. 2013. P. 190-193.
- [4] Gorbenko A. A system of intelligent algorithms for a module of onboard equipment of mobile vehicles. International Journal of Mathematical Analysis. Vol. 7. N. 47. 2013. P. 2317-2331.
- [5] Gorbenko A., Popov V. An intelligent gradient detector with minimization of visual landmarks distortion for monitoring of passenger flows. International Journal of Mathematical Analysis. V. 7. N. 47. 2013. P. 2313-2315.
- [6] Gorbenko A., Popov V. Anticipation in Robot Navigation and Mining for Interesting Patterns. Applied Mechanics and Materials. V. 416-417. 2013. P. 731-734.
- [7] Gorbenko A. Automatic Generation of Modules of Visual Recognition. Applied Mechanics and Materials V. 416-417. 2013. P. 748-752.
- [8] Gorbenko A., Popov V. Building the Panoramic Image for Mobile Robot Localization. Applied Mechanics and Materials. V. 365-366. 2013. P. 967-970.
- [9] Gorbenko A., Popov V. The Problem of Sensor-Mission Assignment in Wireless Sensor Networks. Applied Mechanics and Materials. V. 416-417. 2013. P. 985-988.
- [10] Gorbenko A., Popov V. Visual Landmark Selection for Mobile Robot Navigation. IAENG International Journal of Computer Science. V.40. N. 3. 2013. P. 134-142.